スイッチの接触抵抗を測る（8）

●2音バースト波での聴感実験

■小倉幸一■

2音バースト法と聴感

3月号で，バースト2音に対するレスポンスを波高値の比の変化として表わす実験をしました．

2音の振幅の大小比が出力ではどう変わるか，を見たわけです．数値の変化は聴覚的にはdB表示のほうが多少なりとオーディオ向きになりますから，つぎに整理してみます．

3月号第7図から第15図までの数値をdB変換して，**第1表**に示しました．いずれも比の変化は3dB前後です．楽音において，基音に対しての倍音の含まれ方が−3dB程度変化しているときと，そうでない場合とで音色の変化が聴き分けられるかどうか？　もちろん，倍音の具体的な周波数によるでしょうが，微妙なところといえましょう．2dBの音量の変化は判別できない，という一般的な話を聞いていますが，周波数の組み合わせで一方（たとえば倍音）の強度が変化したときの聴覚の識別能力いかんによって，数値の意味付けが出てくると思います．

図番	入力(dB)	残留(dB)	差	SW液
7	−19.41	−23.22		×
8	−19.41	−19.33		×
9	−19.41	−24.73		×
10	−14.20	−18.34	−4.14	なし
11	−13.40	−16.42	−3.02	カーボン
12	−13.56	−15.65	−2.09	〃 乾燥
13	−14.33	−17.33	−3.00	〃 再現
14	−16.42	−19.09	−2.67	金
15	−14.11	−16.89	−2.78	再現

〈第1表〉前回（3月号）での第7〜15図での2音の大小の比をdB表示したもの

といっても，被験者が限られていますので，ここでの結論の一般化を主張するものではありません．

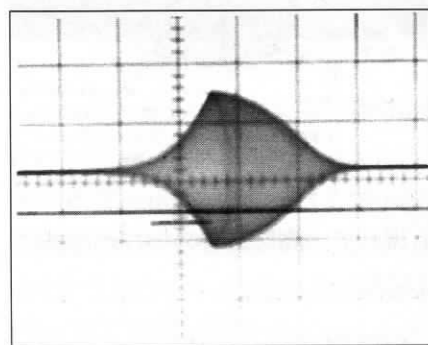
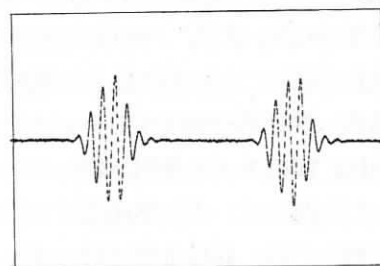
(1)　実験法

まずその被験者ですが，聴力測定の結果を示しましょう．

第1図ですが，この特性には通称C5ディップといわれる4kHzの難聴点(f)が見られます．これは，ヘッドホンやイヤホンによる聴覚の酷使や，杭打機などによる職業病として知られています．刺激周波数と関係なく4kHzにディップが起こるものです．

この測定は聴力計によるもので，検査音源は**写真A**の波形です（ヘッドホン両端）．**第1図**横軸のとおり，周波数は飛び飛びの8種類になります．写真は6kHzのときのものです．この波形が0.5秒間隔で繰り返されます．

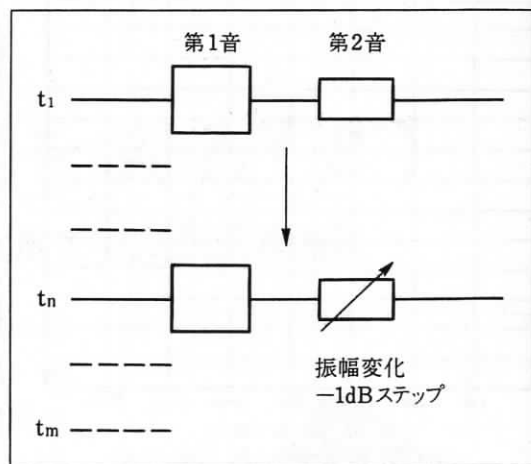
医者と患者の場合は，患者に応答スイッチが渡され，音が聴こえている間はそれをにぎっていてもらい，聴こえなくなったらゆるめてもらう，という約束をしておきます．

最初は比較的大きな音でスタートし，患者の応答スイッチがにぎられていることを確認してから，ATTを使って音量を下げていきます．このATTは5dBステップです．たとえば，4kHzの時ATT 40dB目盛で応答があったとすれば，**第1図**のグラフ用紙の40dBにマークをつけます．他の周波数では0〜10dBで応答があったとすれば，おのおのの周波数の該当dB値にマークしていきます．

《写真A》聴力検査の音源

〈第2図〉上の波形がディジタル・オシロではエリアシングのためこんな形となる

こんな手順で**第1図**が出来上がるわけですが，図をよくみると，f特などの縦軸目盛と±が逆になっています．聴力検査の縦軸は患者の損失程度を表わし，数値が大きいほど損失が大きいと評価するわけです．ATTでいえば，オーディオでは目盛が大きくなれば音量が下がっていきますが，聴力検査では逆に大きく

◀〈第4図〉2つの信号音の構成

〈第5図〉▶ 第2音の振幅の変化をtnで検知できるかを調べる

カをとおすことによる刺激音の変化です．**第4図**はあくまで電気信号源の規定であって，スピーカの特性は入っておりません．したがってスピーカによる刺激“音”の様子は波形表示によることにします．その刺激“音”のチェックは1/2インチ型マイクを使います（f特は10 kHz）．

バースト2音ですので，メータ表示では校正はできません．そこで，バースト発生装置を連続発振に切換えメータを振らせます．同時に，そのマイク・アンプの出力をリードアウト(手動)，オシロでP-P値を読んでおきます．これは波形の＋ピークを水平線（カーソル）で上下からはさみ，その間隔からP-P値を読むもので，はさみ込みの具合で値の確度は決まりますが，マイク出力でP-Pが変化している場合など，一瞬のピークは除いて値が求められるなどの利点があります．また，上下のカーソルはそのままホールドされていますから，前回の値との比較も容易です．自動化されたディジタル表示より便利に使っています．

マイク位置はスピーカ（ユニットはRG-W 1，13リットル密閉箱）の軸上13 cmの点に固定しました．

1 kHz：95 dB

出力：6 V P-P

これが基準値です．実際は6 Vを監視して，それからの偏差をdB表示の音圧とします．fが変わってスピーカからの出力が低下した場合，基本的にはATTを調整して音圧を上げます（逆もある）．電気信号の無理な増加でひずんだかどうか，信号源とのリサージュで監視しています．主としてピークの曲ばかり見ているので，この監視法は厳密なひずみの監視ではありません．

音量差が音色差として聴こえる

スイッチ接点では，周波数500 Hz，1 kHzの2音での3 dB変化は聴き出せませんでした．ここで問題になるのが，部屋の暗騒音です．夜半の実験ではシーンと静まりかえったという感じで，マイク出力は直接の測定（アベレージ，ロックイン等は使わない）ではシステムのノイズ・レベル以下です．本格的実験では，

(A) ある差（dB値）で感じるかどうかということを種々の時間的要因，音量的要因との組み合わせで示す方法

(B) 感じる条件を記録する方法

が考えられます．

〈第6図〉 tgが30 msecまではポカッと聴こえる

オーディオ的には，2音A，Bを並べた時（時間的に離した2音差）より，AとBを重ねて一音にしたときのB音の変化と検知の方が興味がありそうです．筆者もどちらかというと……です．SW接点用の信号源で3 dB差は感じませんでしたが，細かくいえば，3 dB差をどう提示するかの問題が関わってきます．

そもそも聴覚は変化を感じ取る器官として備わっているものですが，時間差(時間間隔)が問題になります．ここでは**第5図**のように2音A，Bを聴きながら，どこでBの振幅を変えた（3 dB）のがわかるか，調べたのです．A＝500 Hz，95 dB(頭の位置はスピーカから約50 cm)，筆者が自分でATTを回して，音の変化を追いました．変化させたという先入感がありますから，さらに一般化への条件が変わってきます．いずれにしても何かの傾向をつかみたい，そんな思いです．

その思いで実験を遊び風に(条件にとらわれず順序だてにお構いなく）やっているうちに，さらに“差”について，

(A) 500 Hz，(B) 1 kHzの2音の間隔が5 msec程度の離れかたでは1音として聴こえ，(B)の3

月	回	内　容	実　験	接点の形式		SW液	波形	備　考
				圧接	スライド			
'03 5	1	●微小電流の世界＝グリッド電流（接触抵抗と金属表面）	●粗さ計による金属表面の粗さ測定（接触抵抗の経時変化）		電磁式ロータリー 17～19Ω(100μADC)	×	グラフ	
6	2	●銅線断面のアルミ板への接触抵抗（SW液の効果）	●接触圧と抵抗との関係	自作装置		○	ペン・レコーダ	
7	3	●接触点通過電流と接触抵抗の関係（電流小→抵抗大）	●電流1μA→0.1μAへ（リサージュ・パターンによる検証とロータリーSWの接触面）	〃		○	グラフ	石塚峻氏：「接点復活剤とは何か」
9	4	●500Hz信号の接触ON/OFF時のパターン＝対接触圧（SW液テスト）	●銀板電極使用した接触圧変化と抵抗（波形変化）	〃		○	○	第6図中：指定線は推定線のミスプリント
11	5	●RCAピンプラグの金メッキ検証と粗さ計測（SW液の役目電力と関連）	●L回路におけるON/OFFと接点間電圧（SW液の効果）	自作装置 リレー回路	○	○	○	浅井武二氏「SW液は火花消去！」
'04 1	6	●接点火花消去の効用と接触面の粗さ的凹凸の効用（バースト波による検証）	●バースト波，楽音によるSW液効果の波形的検証（差動増幅の応用）		○	○	○	
3	7	●バースト2音波と差動増幅によるSW液有無の検証	●2音バースト波の発生と両波のレシオによる現象の検証法		○	○	○	

〈第3表〉“接点シリーズ”で測定した実験内容の一覧表

パーツ	種　別	抵　抗	備　考
RCAピン	金メッキ・ピン	13.4 mΩ	
	銀メッキ・ピン	12.2 mΩ	
ターミナル	ゆるい締付け	7.1 mΩ	500 Hz/1 A にて大差なし
	きつい締付け	6.5 mΩ	10 A でも大差なし

〈第2表〉
RCAピン・ジャックとSP用ターミナルの抵抗値例．意外にその差は小さい

dB変化でも“音色の変化”として検知できる

ことが確認できました．

前述の2 dB変化が検知できないという話は，音楽を聴きながら音量を2 dB上げ下げしても音量感は変わらないというところからきていますが，倍音の変化による音色感の変化は500，1000 Hzの組み合わせでも検知できることも確認されました．周波数の組み合わせである倍音の変化が言葉の表現（ニュアンス）に最もよく活用されているのか，と思っています（**第6図**）．

言葉として表現すると

この2音の500 Hzと1 kHzをそのまま，T_gを変えると，“言葉”になります．1秒間隔で500 Hz，5波バーストを聴くと“ポッポッ”と聴こえ，1 kHz 10波バーストだけでは“カッ”と聴こえます．2音同時に聴くと“ポカッ”となります．“ポッカッ”とはなりません．

ただし“ポカッ”となるためには条件があります．**第4図**で定義したT_gがモノをいいます．2音間の時間的ギャップです．もちろん十分に離れれば別々な音となります．80～90 msecで“ポカッ”という自然な“言葉”になります．T_gを短くしていくと，威勢のいい“ポカッ”となっていきますが，30 msecオーダーになると，1つの音になってしまいます．

実験しながら（遊びながら）おもしろい発見をしました．その時の波形を示しておきます．**第6図**です．これは1つの音として聴こえた状態です（T_g：30 msec台）．

ただ，これは2音の刺激が言葉を連想させた結果であり，外国人が聴けばただ2つの“音”になってしまうかもしれません．筆者もはじめのうちは言葉を連想しませんでしたが，あるときから“ポカッ”と連想ができ上がると，こんどはそれから離れられなくなってしまいます．

別な経験では，曖昧な連想でこうも聴こえる，ああも聴こえる式に定まらない場合もありました．以前，この散歩道で紹介したとおもいますが，窓越しに聴くスピーカの呼び出し音で，

●七時→一時

●外線です！→たいへんです

に聴こえたりしました．欠けた子音を勝手に補って連想（といっていいかどうか？）した結果でしょう．楽音から想起される感情の起伏も，倍音の欠如（変化）で別な感情の起伏や連想（当人の記憶内容との関連）が考えられます（音色の変化）．

最後に，飛び飛び1年がすぎてしまいました．筆者の職場環境が変わったことから完全連載でなくなったこと，時間の関係で十分実験をつくせなかったことをお詫びします．

接触抵抗について編集部から“ターミナルなど手軽に使っている部品での，接触抵抗をみてほしい”旨の依頼がありました．最後の実験として，1年間の実験整理表とともに示しておきます（**第2表**）．

多分このあたりの研究は音響心理，放送，メーカーなどでとっくにすんでいることかとおもいますが，筆者はその辺を調べずに2音法の延長で音響（心理）に滑り込んだ次第で，読者のご指摘がいただければ幸いです．実験は，たとえ混乱しても，少し続けます（ご指摘を期待しつつ）．この辺で接点抵抗の問題のまとめをしておきます（**第3表**）．